# أستخلاص ودراسة بعض الصفات الفيزوكيميائية لصمغ بذور الحلبة

سلوى ليلو عزيز ضحى داود سلمان
قسم علوم الاغذية والتقانات الاحيائية شعبة العلوم الاساسية

**المستخلص**

أستخلصت المواد الصمغية من مسحوق بذور نبات الحلبة منزوعة الدهن بكحول الايثانول ٩٥% وشخصت بأستخدام طيف الاشعة تحت الحمراء . قدرت بعض المواد المتبقية مع الصمغ ثم قيمت بعض صفاته الفيزوكيميائية. بلغت حصيلة الصمغ المجفف ١٥.٨% على اساس الوزن الجاف لبذور الحلبة واتصف بلون بني تحول الى سائل شفاف ولزج عند اذابته بالماء، وكان ذو اس هيدروجيني متعادل ٧.٣ . بلغ محتوى البروتين المتبقي في الصمغ ٢٢% والالياف ٠.٩٦ % والدهن ٠.٠٤ % والرماد ٠.٦٤% والرطوبة ٨% والباقي سكريات متعددة (الكالاكتومانان) ٦٨.٣٦% . أنخفضت ذائبية صمغ الحلبة مقارنة بصمغ الكوار أذ بلغت ٥٨.٣ % و ١٠٠% ، على الترتيب . أظهر صمغا الحلبة والكوار معاملي انكسار قدرهما ١.٣٣٤ و١.٣٣٤٥ على الترتيب. كانت كثافة صمغا الحلبة والكوار ١.٠٠٩٥ غم / سم٣ و١.٠٠٨٣ غم / سم٣ ، بالتتابع . أعطى صمغ الحلبة لزوجة منخفضة مقارنة بصمغ الكوار أذ بلغت ٧٠.٦٣ ملي بويز و ٥٥٠.١٢ ملي بويز ، بالتتابع . كان الوزن الجزيئي لصمغ الحلبة واطئاً اذ بلغ ٨.٧٠ × ١٠٥ دالتون مقارنة بصمغ الكوارالذي بلغ ٩١.٤٥ × ١٠$^5$ دالتون .أعطى صمغ الحلبة مخططاً طيفياً بأستخدام الاشعة تحت الحمراء (FTIR) يختلف نسبيا في ترددات الامتصاصية عن المخطط الطيفي لصمغ الكوار . ظهرت أعلى أمتصاصية لصمغ الحلبة على طول موجي ٣٣٠ نانومتر بينما أظهر الكوار اعلى أمتصاصية على طول موجي ٢٩٠ نانومتر. تباينت قابلية ربط الدهن لصمغ الحلبة والكوار بأختلاف نوع الدهن، وظهر أعلى أرتباط لصمغ الحلبة مع زيت الخروع إذ بلغ ٢٦١.٢% واقلها مع زيت زهرة الشمس ( ١٦٤.٨ %). تفوق صمغ الكوار على صمغ الحلبة في قابليته لربط الدهن اذ بلغت أعلى قيمة للارتباط ٤٩٢.٧ % مع زيت الخروع واقلها ١٦٢.٩% مع زيت جوز الهند.

الكلمات المفتاحية : صمغ بذور الحلبة ، *Trigonella foenum- graecum*، الصفات الفيزوكيميائية

**The Iraqi Journal of Agricultural Sciences 42 (3): ٨٩-٩٨,2011 Aziz & Salman.**

# EXTRACTION AND STUDYING OF SOME PHYSIOCHEMICAL PROPRETIES OF FENUGREEK GUM

**Salwa L. Aziz**
**Dep. of Food Science & Biotechnology**
**College of Agriculture**
**University of Baghdad**

**Dhuha D. Salman**
**Dep. of Basic Science**
**College of Agriculture**
**University of Baghdad**

## ABSTRACT

**The gum of defatted fenugreek seed powder was extracted by 95% ethanol, and characterized by FTIR spectroscopy. The residual chemical compounds in gum and some of its physiochemical properties were evaluated. The yield of gum was 15.8 % (W/W) on dry weight. The gum is yellow – brown in color and converts to clear viscous liquid when dissolved in water with pH 7.3. The residuals in gum were protein 22%, fiber 0.96 %, fat 0.04 %, Ash 0.64%, moisture 8 % and residual gum was polysaccharides (galactomanan) (68.36%). The solubility of fenugreek gum was lower than guar gum (58.3%, 100%, respectively). The refractive index of fenugreek and guar gum were 1.334, 1.3345 respectively. The density of fenugreek and guar gum were 1.0095, 1.0083 g/cm$^3$, respectively. The viscosity of fenugreek gum was lower as compared with guar gum ( 70.63 mp, 550.12mp, respectively). The molecular weight of fenugreek gum was lower (8.70 × 10$^5$ Dalton) than guar gum (91.45 × 10$^5$ Dalton).The fenugreek gum FTIR spectroscopy was varied from guar gum. Fenugreek gum showed maximum absorption which was at 330 nm whereas it was 290 nm for guar gum. There were variations in the capability of fat binding for gums of different source and also affected the source of oil. Fenugreek gum showed high binding capacity with castor oil (261.2%) and the least with sunflower oil (164.2%).Guar gum showed high fat binding capacity than fenugreek gum, the highest with castor oil 492.7% and the least with coconut oil 162.9 %.**

**المقدمة**

يعد نبات الحلبة *Trigonella foenum - graecum* محصول عشبي حولي من عائلة البقوليات يزرع بشكل واسع في الصين والهند وايران وشمال شرق افريقيا واليونان (٢) . تتالف بذور الحلبة من غلاف البذرة الخارجي والاندوسبيرم والجنين ، يشكل صمغ الحلبة ٢٥-٣٠ % من بذور الحلبة ويوجد عادة في الاندوسبيرم. تبلغ نسبة الكالاكتومانان في الصمغ حوالي ٦٠ % وتكون نسبة الكالاكتوز الى المانوز(١:١ ) او (١.٢:١ )( ٤ ،١٢). يتألف صمغ الحلبة من سلاسل مستقيمة من وحدات D – مانوزالمرتبطة مع بعضها بأواصر كلايكوسيدية من نوع بيتا(١- ٤) تتفرع من هذه السلاسل وحدات جانبية من الكالاكتوز والتي ترتبط بوحدات المانوزبأواصر كلايكوسيدية من نوع الفا (١-٦)(٣، ٤). يوضح شكل١ تركيب صمغ بذور الحلبة والكوار (ينتج الكوار من اندوسبيرم بذور نبات *Cyamposis tetragonoloba*).

تعد الاصماغ سكريات متعددة ذات اوزان جزيئية عالية تنتج من مصادر نباتية وحيوانية وطحالب مائية واحياء مجهرية وتعد المصادر النباتية أعلى انتاجية لها (٢٣). تختلف الاصماغ عن بعضها الاخر في طبيعة وحداتها السكرية وطول سلاسلها ودرجة تفرعها ووظائفها فمنها مايكون سكريات خازنة واخرى بنيوية داعمة للجدران الخلوية النباتية وللاحياء المجهرية. تصنف الاصماغ ضمن الغرويات والتي تعرف بانها مواد محبة للماء ذات اوزان جزيئية عالية تكون محاليل لزجة وتستخدم الاصماغ في مجالات متعددة غذائية وصيدلانية وفي مستحضرات التجميل أذ تستعمل كمثخنات ومواد مثبته ومستحلبة وكعوامل تهلم ومحسنة لقابلية أمتصاص الرطوبة وتعطي الحجم والنسجة(٧، ٨، ١٩ ).

يعد الكالاكتومانان أحد هذه الاصماغ وهي سكريات متعددة خازنة تتألف من سلاسل مستقيمة من المانوزحاملة لسلاسل جانبية من وحدات الكالاكتوز موجودة في أندوسبيرم بذور نباتات معينة كعائلة البقوليات Leguminoseae family( ٤ ، ٧ )، أذ وجد أن حوالي ١١٩ نوع من بذور البقوليات يحتوي على الكالاكتومانان كمواد كاربوهيدراتية رئيسية في التركيب (١٨).هنالك تغاير في التركيب الكيميائي لصمغ الكالاكتومانان الموجود في بذور البقوليات المختلفة من ناحية الوزن الجزيئي ونسبة الكالاكتوز الى المانوز واسلوب أرتباط الكالاكتوز بسلسلة المانوز والتي لاتكون عادة منتظمة وانما عشوائية.تحدد نسبة الكالاكتوز الى المانوزفي الكالاكتومانان الخصائص الفيزوكيميائية والوظفية للصمغ (٨). معظم الكالاكتومانان ذائب في الماء وبعضها يذوب في الاوساط القاعدية ، كما تختلف اوزانها الجزيئية بأختلاف مصدرها اذ تتراوح من ٣٠.٠٠٠- ٣٠٠.٠٠٠ (٢٠) . تبلغ نسبة الكالاكتوز الى المانوز في صمغ كاروب Carob (٤:١) ، صمغ الكوار ( ١.٨:١) او(١ : ٢) ، صمغ بذورالحلبة (١:١) ، صمغ فول الخرنوب Locust bean (٤:١) وصمغ تارا Tara (٣:١) (١٠ ، ١٢ ، ١٩ ، ٢٥ ).

يتراوح الوزن الجزيئي لصمغ الحلبة بين١٠$^{٥}$× ١.٣ – ١٠$^{٥}$ × ٢.٥ دالتون ( ١١) ويمتاز بذائبيتة العالية في الماء تصل الى ٨٠ % ويكون محاليل لزجة وذائب في المحاليل الحامضية والقاعدية المخففة وغير ذائب في المذيبات العضوية ويمتلك ثباتية عالية تجاه الحرارة (19) .يكون صمغ الحلبة محاليل غروية أكثر ثباتا واقل لزوجة من صمغ الكوار وصمغ فول الخرنوب بسبب محتواه العالي من الكالاكتوز(17).

**شكل ١. الصيغة التركيبية لصمغ الحلبة والكوار**

يستخدم صمغ الحلبة كعامل مثخن ومثبت وعامل أستحلاب وتهلم في كثير من الصناعات الغذائية والصيدلانية ومستحضرات التجميل (١٧، ١٩ ) كما يعد من الالياف التغذوية الذائبة التي لها ادوار علاجية كخفض نسبة الدهن في الدم مثل الكليسريدات الثلاثية والكوليسترول كما يعمل على خفض سكر الدم أذ اشارت الدراسات الى ان تناول ٢-٣ غم من صمغ الحلبة في اليوم له دور فعال في السيطرة على سكر الدم بينما تتطلب نفس الفعالية تراكيز اعلى( ٢٠ غم) من الياف غذائية أخرى (١٩ ، ٢٦) .

هدفت الدراسة الحالية الى أستخلاص الصمغ من مسحوق بذور الحلبة المنزوعة الدهن ودراسة نقاوته بتقدير محتواه من المركبات المتبقية معه كالبروتينات والدهن والالياف والرطوبة وتشخيصه بطيف الاشعة تحت الحمراء ودراسة بعض صفاته الفيزوكيميائية والوظيفية ومقارنتها مع صمغ الكوار.

**المواد والطرائق**

جهزت بذور الحلبة ذات المنشأ الهندي من السوق المحلي ونظفت وطحنت للحصول على مسحوق البذور الكامل ثم أزيل الدهن وفقا للطريقة الموصوفة من قبل Jacob ( ١٣ ) وأستخدم مسحوق بذور الحلبة المزال الدهن في تحضير صمغ بذور الحلبة .

أستخلص صمغ بذور الحلبة وذلك وزن ١٠٠ غم من مسحوق بذور الحلبة مزالة الدهن واضيف لها ماء مقطر بنسبة ١:٣٠ (وزن / حجم ) .وضع الخليط في حمام مائي بدرجة حرارة ٦٠ م° مدة ٤ ساعات مع التحريك . طرد الخليط مركزيا على سرعة ٤٥٠٠ ×g مدة ٢٥ دقيقة ، اعيدت عملية الاستخلاص مرتين وجمع الجزء السائل ورسب الصمغ بمزجه مع كميات متساوية ١:١ (حجم / حجم) من كحول الايثانول (٩٥ %) حيث أضيف الكحول تدريجياً

علـى الجـزء السـائل المـائي حتـى يترسـب الصـمغ .أسـترد الصـمغ المترسـب بـالطرد المركـزي بـنفس السـرعة السـابقة واعيدغسله بكحول الايثانول مع التحريك مدة دقيقة واحدة ثم الاسترداد بالطرد المركزي وبنفس الطريقة .جفف الصمغ بالفرن الكهربائي على درجة حرارة ٤٠ م°حسبت النسبة المئوية للصمغ على اساس الوزن الجاف لبذور الحلبة ، ثم حفظت في قنينة زجاجية محكمة الغلق (٩).

قدر معامل الانكسار لصمغ بذور الحلبة وصمغ الكوار المحضر بأذابة الصمغ بالماء المقطر بتركيز ١% بأستخدام جهاز Abbe refractometer بدرجة حرارة ٢٥ م° ، و قيست كثافة محلولي صمغي الحلبة والكوار المذابة بالماء المقطر بتركيز ١% بأستخدام قناني الكثافة ذات حجم ٥٠ مللتر، و قدرت درجة أستدارة الضوء المستقطب (الانحراف النوعي) لمحلول صمغ بذور الحلبة المحضر بتركيز ١% بأستخدام جهاز Polarimeter بدرجة حرارة ٢٥م°، وقورنت مع زاوية الانحراف النوعي لصمغ الكوار والبالغة ٢٠+ – ٧٦+ (٢٢).

قدرت لزوجة صمغ بذور الحلبة وصمغ الكوار بأستخدام جهاز Ostwald Viscometer اذ حضر محلول الصمغ باذابته بالماء المقطر بتركيز ١% ثم قدرالزمن اللازم لانسياب السائل خلال مسافة معينة بدرجة حرارة ٢٥ م°(١).حسب الوزن الجزيئي لصمغ بذور الحلبة وصمغ الكوار وفقا لما ذكره (٢١) اعتمادا على لزوجة الصمغ باستخدام المعادلات :

$$[\eta sp] = [\eta - \eta s] / \eta s \quad , \quad \eta = \eta sp / c \quad , \quad Mv = [\eta / K]^{1/a}$$

حيث تمثل η لزوجة النموذج و ηs لزوجة المذيب و ηsp اللزوجة النوعية وC تركيز المحلول و K ثابت مقداره $10^{-5} \times 1.81$ سم ٣ / غم و a ثابت مقداره ٠.٩٣.

تم تشخيص صمغ الحلبة والكوار بجهاز Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) إذ عملت أقراص من النماذج مع بروميد البوتاسيوم KBr وذلك بوزن ٤٠ ملغم من الكايتوسان مزجت مع ١٢٠ ملغم من KBr بواسطة هاون خزفي مدة ١٠ دقائق ثم اخذ ٤٠ ملغم من الخليط وضغط باستخدام ضاغطة هيدروليكية خاصة بجهاز IR وبضغط ٨ بار مدة ٦٠ ثانية وضعت الأقراص المضغوطة في مجفف Desicator داخل فرن بدرجة حرارة ٨٠ م° مدة ١٦ ساعة قبل تحليلها بجهاز Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) بتردد 500– 4000 سم$^{-1}$ (١٨).

أستخدم جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer لتحديد الطول الموجي الامثل الذي يعطي أعلى امتصاصية لمحلول صمغ بذور الحلبة وصمغ الكوار المحضران بتركيز ١% في الماء المقطر ،وتراوحت الاطوال الموجية بين٣٠٠– ٧٠٠ نانومتر واستخدم الماء المقطر محلول كفأ (Blank) لتصفير المطياف. وقدرت النسب المئوية للدهن (١٣) والرطوبة والبروتين والرماد والالياف المتبقية مع صمغ بذور الحلبة بالطرق القياسية (٣) وحسبت نسبة الكاربوهيدرات بطريقة الفرق ١٠٠ – (الرطوبة + البروتين + الدهن +الرماد + الالياف) % .

قيست قابلية ربط الدهن Fat binding capacity (FBC) بالطريقة التي ذكرها No وآخرون (21) وذلك بوزن 0.5 غم من الصمغ في أنبوب نبذ مركزي معلوم الوزن أضيف له ١٠ مل من زيوت نباتية مختلفة كل على انفراد شملت زيت زهرة الشمس وزيت السمسم وزيت الخروع وزيت جوز الهند. مزجت الأنابيب جيدا بمازج كهربائي vortex لمدة دقيقة واحدة وتركت لمدة ٣٠ دقيقة بدرجة حرارة الغرفة مع مراعاة أعادة المزج لمدة ٥ ثواني كل ١٠ دقائق ثم نبذت الأنابيب بجهاز النبذ المركزي بسرعة g ×6000 لمدة ٢٥ دقيقة ،أهمل الجزء الطافي ثم وزنت الأنابيب مرة ثانية وحسبت النسبة المئوية لربط الدهن من قسمة وزن الدهن المرتبط على وزن العينة معبر عنه كنسبة مئوية.

أجري تقدير الذائبية للصمغ (16) بوضع 0.1 غم من النموذج في أنبوبة نبذ مركزي معلومة الوزن ، أضيف للنموذج ١٠ مل من الماء المقطر وضعت الانبوبة في حاضنة هزازة بسرعة ٢٤٠ دورة / دقيقة بدرجة حرارة ٢٥م° لمدة ٣٠ دقيقة ثم وضعت في حمام مائي مغلي لمدة ١٠ دقائق وبعد تبريد الأنابيب إلى درجة حرارة ٢٥ مْ نبذت مركزيا بسرعة

g ×10.000 لمدة ١٠ دقائق . أزيل الجزء الطافي وغسلت الدقائق غير الذائبة بمقدار ٢٥ مل من الماء المقطر ونبذت مركزيا بالسرعة ذاتها ثم أهمل الجزء الطافي وجففت الدقائق غير الذائبة بدرجة حرارة ٦٠ مْ لمدة ٢٤ ساعة وحسبت النسبة المئوية للذائبية بقسمة الفرق بين وزن الانبوبة مع الصمغ قبل وبعد المعاملة على وزن الصمغ الاولي.

**النتائج والمناقشة**

أظهرت النتائج ان حصيلة صمغ بذور الحلبة المستخلص باستخدام كحول الايثانول (٩٥ %) هي ١٥.٨% (وزن / وزن ) على اساس الون الجاف لبذور الحلبة وتشير المصادر الى ان نسبة الصمغ في بذور الحلبة تصل الى ٢٥-٣٠ % (وزن / وزن) ( ٤ ) ، وتوصل Brummer واخرون (6) الى نسبة صمغ بلغت ٢٢ % بينما أشار Jiang واخرون (15) الى حصيلة قدرها ٢٦.٨ %. يظهر جدول ١ النسب المئوية للمركبات المتبقية مع الصمغ ، أذ يلاحظ أرتفاع نسبة البروتين المتبقية مع صمغ الحلبة الخام اذ بلغت ٢٢ % وهي نسبة اعلى قليلاً مما توصل اليه Garti و Aserin (14) الذي اشار الى ان نسبة البروتين والدهن والصابونيات في صمغ الحلبة اقل من ٢٠% و ١% و ٣% على التتالي. بينما بين Sabala واخرون ( ٢٣ ) ان الصمغ المستخلص بكحول الايثانول يحتوي على بروتين بنسبة ١٠ – ١٤ % وصابونيات اقل من ١% ودهن اقل من ٠.٠٠٥ % . وبلغت نسبة البروتين في صمغ الحلبة ٨ –١٠ % وصابونيات ٠.٥ % ودهن اقل من ٠.٠٠٥ % وبلغت نسبة الصمغ المستخلص٢٠% (١٤). يعامل الصمغ الخام بخطوات اضافية للحصول على نقاوة عالية كتنقية الصمغ بعمودFlorusil Column لخفض نسبة البروتين من ٨– ١٠ % الى ١ % (١٤) ، او معاملة الصمغ بأنزيم Protease والذي خفض من نسبة البروتين من ٢.٣٦ % الى ٠.٥٧ % (٦) . عامل Yossef واخرون (٢٩) صمغ بذور الحلبة الخام ذو نسبة بروتين ٣.٧٤ % بالفينول للوصول الى نسبة ٠.١٦ % . لذا لابد من اجراء خطوات تنقية اضافية في الدراسات اللاحقة لتحسين كفاءة الاستخلاص.

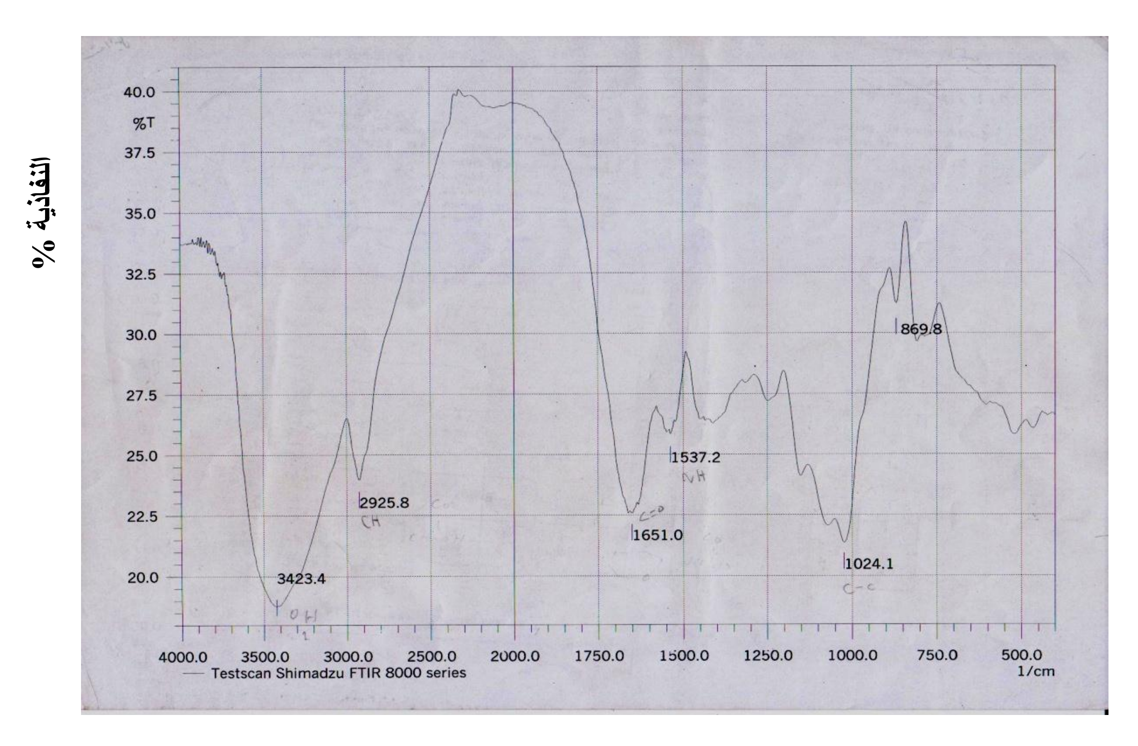
يبين جدول ١ أنخفاض نسبة الالياف والرماد والدهن المتبقية في الصمغ اذ بلغت ٠.٩٦ % و٠.٦٤% و ٠.٠٤ %، بالتتابع . بلغ المحتوى الرطوبي للصمغ الخام ٨ % ويشير ذلك الى قابلية الصمغ العالي لأمتصاص او مسك الماء (١٩). واشار Jiang واخرون (١٥) الى ان نسبة رطوبة في صمغ الحلبة وصلت ١٠.٢ %، والمتبقيي من وزن الصمغ هي المواد السكرية (الكالاكتومانان ) البالغة ٦٨.٣٦% ، وقد توصل Jiang واخرون (15) الى نسبة كالكتومانان بلغت ٧٣.٦ % من صمغ الحلبة.

**جدول ١. المكونات الكيميائية المتبقية مع الصمغ محسوبة في ١٥.٥ غم صمغ.**

| المكونات | التركيز(%) |
|---|---|
| المادة السكرية (الكالكتومانان) | ٦٨.٣٦ |
| البروتين | ٢٢ |
| الالياف | ٠.٩٦ |
| الدهن | ٠.٠٤ |
| الرماد | ٠.٦٤ |
| الرطوبة | ٨ |

أظهرت نتائج تشخيص صمغ بذور الحلبة بتقنية FTIR- Spectroscopy والموضحة بالمخطط الطيفي (شكل٢) ظهور منحنيات بترددات مختلفة أذ يمكن ان تنسب الامتصاصية على تردد ١٦٥٠ سم $^{-1}$ والخاصة

بالمجموعة الكاربونيلية ( C =O) للمجموعة الالديهايدية (COH) وذلك من خلال التاكد من وجود امتصاص آخر خاص لمجموعة ( CH ) على تردد ٢٩٢٥ سم $^{-1}$ وتمثل الامتصاصية على تردد ٣٤٢٣ سم $^{-1}$ مجاميع ( OH ) للصمغ ، كما ان ظهور الامتصاصية بتردد ١٥٣٦ سم $^{-1}$ يدل على مجموعة الامايد( NH ) مما يشير الى تلوث الصمغ بالبروتين. وقد تشابه المخطط الطيفي لصمغ الحلبة مع ماتوصل اليه Jiang واخرون (١٤)( شكل٤) كما أعطى Srinivasana و Mishra (٢٧) ترددات مماثلة لما توصلنا اليه في هذا البحث. الاانه اختلف نسبيا عن طيف الاشعة تحت الحمراء لصمغ الكوار ( شكل٣) وقد يعزى ذلك الى أختلاف نسبة الكالاكتوز الى المانوز في كلا النوعين. في حين بين Jiang واخرون (١٥) وجود تشابه في المخطط الطيفي لصمغ الحلبة والكوار.

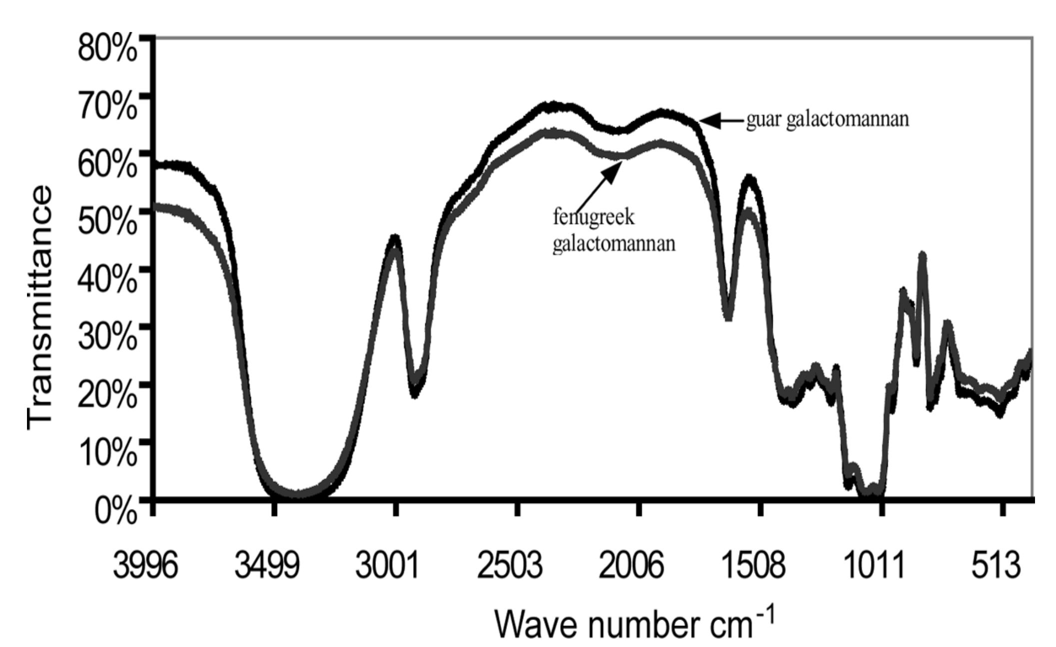



التردد سم $^{-1}$

**شكل٢. مخطط طيف الاشعة تحت الحمراء (FTIR) لصمغ الحلبة.**

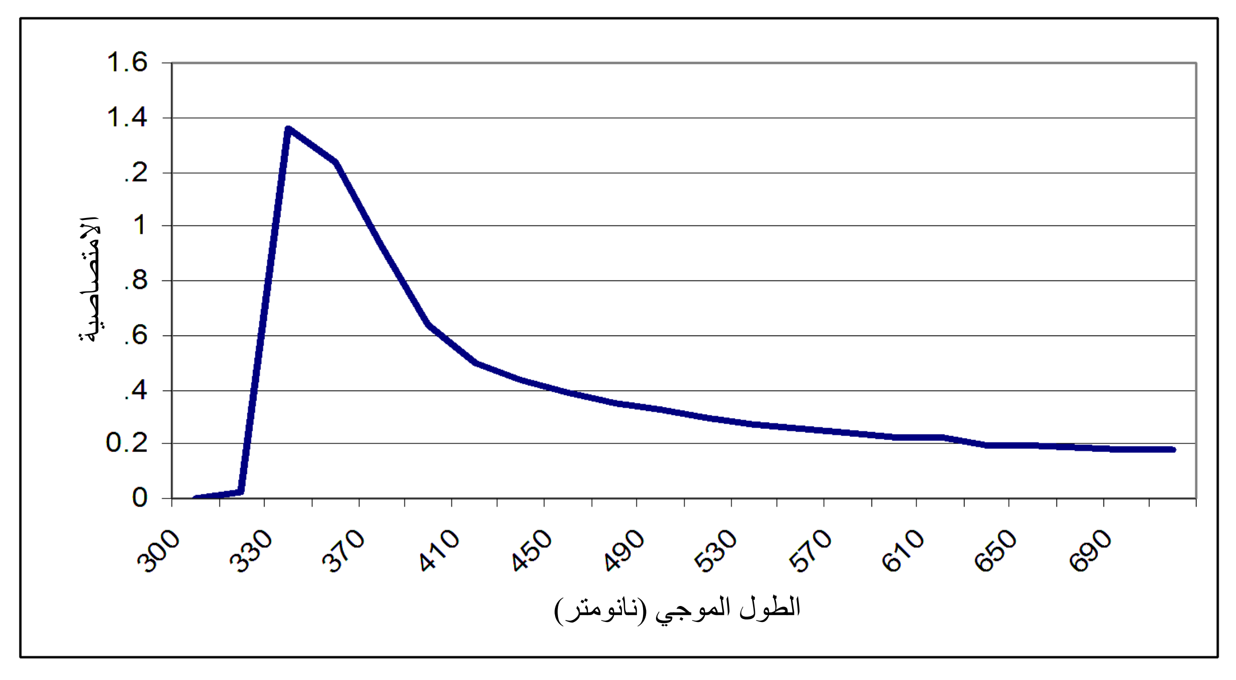



**شكل٣. مخطط طيف الاشعة تحت الحمراء (FTIR) لصمغ الكوار.**

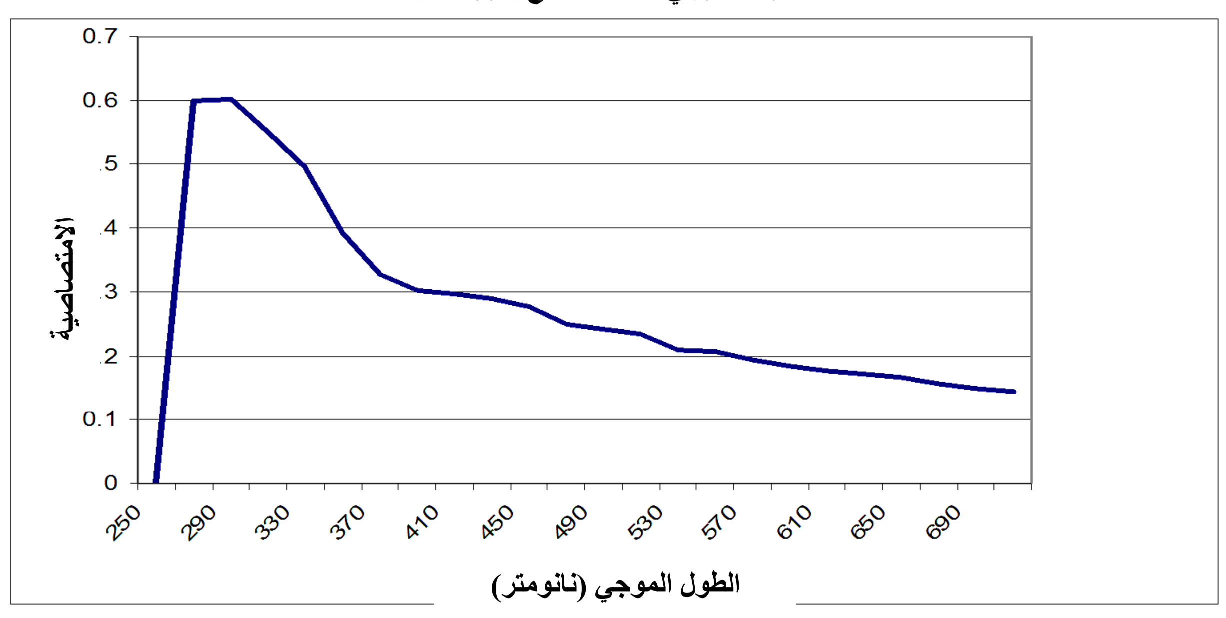



**شكل٤. مخطط طيف الاشعة تحت الحمراء (FTIR) لصمغ الحلبة والكوار وفقا لما توصل اليه Jiang واخرون(٢٠٠٧).**

يوضح الشكلين ٥ ، ٦ الاطوال الموجية المثلى لصمغي الحلبة والكوار والتي تعطي اعلى امتصاصية للنوذجين ، اذ لوحظ ظهور قمة واحدة لصمغ الحلبة عند الطول الموجي ٣٣٠ نانومتر وأخرى مماثلة لصمغ الكوار عند طول موجي ٢٩٠ نانومتر ، وتعد هذه الطريقة من الطرائق المستخدمة في تشخيص المذاب من خلال تثبيت الطول الموجي الامثل لامتصاصه.




**شكل ٥.الطول الموجي الامثل لصمغ بذور الحلبة.**




**شكل ٦.الطول الموجي الامثل لصمغ الكوار.**

عند دراسة بعض الخواص الفيزوكيميائية لصمغ الحلبة والكوار لوحظ ان الرقم الهيدروجيني (pH) لصمغ الحلبة الخام هو ٧.٣ (جدول٢) لذا عد من السكريات المتعددة المتعادلة. واشار Srinivasana و Mishra (٢٧) الى ان الرقم الهيدروجيني لصمغ الحلبة يقع بين ٧.٧ – ٨.٦ . وكان الرقم الهيدروجيني لصمغ الكوار ٧.١. وبين Sabahelkheir و Abdalla (٢٢) ان الرقم الهيدروجيني لصمغ الكوار يتراوح بين ٥ – ٧ . بلغت كثافة صمغ الحلبة والكوار ١.٠٠٩٥ غم /سم$^{٣}$ و ١.٠٠٨٣ غم / سم$^{٣}$ على التتالي ، وبلغت قيمتا معامل الانكسار لصمغي الحلبة والكوار ١.٣٣٤ و ١.٣٣٤٥ على التوالي .وكان أتجاه وزاوية انحراف الضوء المستقطب لصمغ الحلبة ٢٣.٥– بينما تتراوح زاوية الانحراف النوعي لصمغ الكوارمن ٢٠+ – ٧٦ + (٢٢).

يظهرجدول ٢ انخاض ذائبية صمغ الحلبة اذ بلغت ٥٨.٣ % مقارنة بذائبية صمغ الكوار والتي بلغت ١٠٠% وأعطى صمغ الحلبة محلولا رائقا اكثرمن صمغ الكوار. هذه النتيجة معاكسة للتوقعات أذ من المفروض ان تزداد ذائبية صمغ الحلبة على صمغ الكوار بسبب زيادة نسبة الكالاكتوز الى المانوز للاول (١ :١ ) مقارنة بالاخير(١ : ٢ ) اذ ان ذائبية الصمغ العالية في الماء تعود الى الكالاكتوزاما المانوز فانه غير ذائب في الماء بل يذوب في الاوساط القاعدية

(٢٠) كما ان تقارب المناطق الناعمة لسلاسل المانوز الخالية من سلاسل الكالاكتوز الجانبية لصمغ الكوارتساعد على تكون اواصر هيدروجينية ضمن تركيب الصمغ يقلل من ذائبيته (٢٨،٢٠). قد يعود انخفاض ذائبية صمغ الحلبة الخام الى عدم نقاوة الصمغ المحضر بالطريقة المتبعة في هذا البحث ووجود نسبه من البروتينات والالياف والتي لاتذوب في الماء وتؤثر على نتيجة الاختبار لذا يحتاج الصمغ الى خطوات تنقية اضافية. اشار Mather و Mather (١٩) الى ان ذائبية صمغ الحلبة ٨٠% وصمغ الكوار ٦٠ – ٧٠%. بين الباحثان Srinivasana و Mishrab (٢٧) ان صمغ الحلبة ذائب جزئيا في الماء وكليا في محلول هيدروكسيد الصوديوم (١ مول / لتر).

انخفضت قيمة لزوجة صمغ الحلبة مقارنة بصمغ الكوار اذ بلغت 70.63 ملي بويز و ٥٥٠.١٢ ملي بويز بالتتابع(جدول ٢).يعود أنخفاض اللزوجة الى انخفاض الوزن الجزيئي لصمغ الحلبة والذي بلغ ٨.٧ ×١٠° دالتون مقارنة بالوزن الجزيئي العالي لصمغ الكوار والبالغ ٩١.٤ × ١٠° دالتون اذ كلما زاد الوزن الجزيئي للصمغ زادت لزوجته وبالعكس. ان ارتفاع نسبة الكالاكتوز في صمغ الحلبة يسبب زيادة ذائبية وانخفاض في لزوجته وان زيادة التداخلات بين سلاسل المانوز بالكوار بواسطة الاواصر الهيدروجينية يزيد من لزوجته ووزنه الجزيئي. واشارت الابحاث (١٩،١٤) الى انخفاض لزوجة صمغ الحلبة مقارنة بصمغ الكوار وصمغ فول الخرنوب وهذا يعود الى أنخفاض وزنه الجزيئي مقارنة بالاصماغ الاخرى، وقد يعود انخفاض اللزوجة الى عدم نقاوة الصمغ ، اذ اشار Yossef واخرون (٢٩) الى ان وجود البروتين المتبقي مع الصمغ سبب انخفاض لزوجة الصمغ. بين Jiang واخرون (١٥) أنخفاض لزوجة صمغ الحلبة مقارنة بصمغ الكوار اذ بلغ ٢٨٦ ملي باسكال والاخير ٣١٣ ملي باسكال وكان الوزن الجزيئي لصمغ الحلبة ٣.٢٣ × ١٠° غم مول⁻¹. بينما أشار Daoyun واخرون (١١) الى ان الوزن الجزيئي لصمغ الحلبة يتراوح بين ١.٣× ١٠° – ٢.٥ × ١٠° دالتون.

**جدول ٢. بعض الخصائص الفيزوكيميائية لصمغ الحلبة والكوار.**

| النماذج | pH | الكثافة (غم / سم³) | معامل الانكسار | الانحراف النوعي | الطول الموجي(نانومتر) | اللزوجة (ملي بويز) | الوزن الجزيئي (دالتون) | الذائبية( %) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| صمغ الحلبة | ٧.٣ | ١.٠٠٩٥ | ١.٣٣٤٠ | – ٢٣.٥ | ٣٣٠ | ٧٠.٦٣ | ٨.٧×١٠° | ٥٨.٣ |
| صمغ الكوار | ٧.١ | ١.٠٠٨٣ | ١.٣٣٤٥ | +٢٠ – +٧٦ | ٢٩٠ | ٥٥٠.١٢ | ٩١.٤×١٠° | ١٠٠ |

يظهر جدول ٣ قابلية صمغ الحلبة وصمغ الكوار في ربط الدهن ، أذ لوحظ أختلاف في قابلية ربط الدهن بأختلاف نوع الصمغ والدهن ، واعطى صمغ الكوار قابلية لربط الدهن اعلى من صمغ الحلبة يمكن ان تفسر على اساس الاختلاف في قطبية كلا الصمغين حيث ان صمغ الحلبة اكثر قطبية من صمغ الكوار بسب محتواه العالي من الكالكتوز نسبة الى المانوز لذا فهو اقل ارتباطاً بالدهن من صمغ الكوار. اظهر صمغ الحلبة أعلى ارتباط مع زيت الخروع وصل ٢٦١.٢ % ثم زيت السمسم ٢٣١.٣ % وزيت جوز الهند ١٩٧.٥% واخيرا زيت زهرة الشمس ١٦٤.٨ %. ارتبط صمغ الكوار بأعلى نسبة مع زيت الخروع ثم زيت السمسم وزهرة الشمس وجوز الهند بلغت ٤٩٢.٧ % و٢٦٦.٤ % و٢٤٧.٩% و١٦٢.٩ % على التوالي. تبين هذه النتائج اهمية صمغ الحلبة في ربط الدهون وبذلك امكانية استخدامها كألياف تغذوية تساهم في خفض نسبة الدهون الثلاثية والكوليسترول (٥) .

**جدول ٣. قابلية ربط الدهن لصمغي الحلبة وصمغ الكوار.**

| النماذج | قابلية ربط الدهن (%) في زيت كل من: | | | |
|---|---|---|---|---|
| | زهرة الشمس | السمسم | الخروع | جوز الهند |
| صمغ الحلبة | ١٦٤.٨ | ٢٣١.٣ | ٢٦١.٢ | ١٩٧.٥ |
| صمغ الكوار | ٢٤٧.٩ | ٢٦٦.٤ | ٤٩٢.٧ | ١٦٢.٩ |

**المصادر:**


١. حسن ، عبد علي مهدي.١٩٨٧. الكيمياء الفيزيائية لمنتجات الاغذية.وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. مديرية دار الكتب للطباعة والنشر.جامعة الموصل.ص.١٩٦

2. Acharya, S., A. Srichamroen, S. Basu, B. Ooraikul, and T. Basu .2006. Improvement in the nutraceutical properties of fenugreek.Songklanakarin J. Sci.Technol. 28:1-9.

3. AOAC. ١٩٨٠. Official Methods of Analysis, ١٣th ed., Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC.pp.15, 28,125,132.

4. Azero, E., and C. Andrade. 2002. Testing procedures for galactomannan purification. Polymer Testing. 21(5): 551–556.

5. Basch, E., C. Ulbricht, G. Kuo, P. Szapary, and M. Smith 2003. Therapeutic applications of fenugreek.Altern.Med.Rev. 8:20-27.

**6.** Brummer, Y., W. Cui, and Q. Wang .2003. Extraction, purification and physicochemical characterization of fenugreek. Food Hydrocolloids, 17: 229- 236.

7. Cerqueira, M.A. , B.W.S. Souza, J. Simoes, J.A. Teixeira, M. R. M. Domingues , M.A. Coimbrab ,A.A. Vicente. 2011. Structural, and thermal characterization of galactomannans from non-conventional sources. Carbohydrate Polymers, 83: 179–185.

8. Cerqueira, M.A., A.C. Pinheiro, B.W.S. Souza, A. M.P. Lima, C.Ribeiro,C. Miranda, J. A. Teixeira, R. A. Moreira, M. A. Coimbra,and M. P. Goncalves.2009. Extraction, purification and characterization of galactomannans from non-traditional sources. Carbohydrate Polymers, 75:408–414.

9. Chang, P. 1999. Method of extraction of commercially valuable fractions of fenugreek. United States Patent, Patent Number: 55997877. http: //www .freepatentsonline.com/5997877.html

10. Dakia, P. A., C. Blecker, C. Roberta, B. Watheleta, and M. Paquota. 2008. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. Food Hydrocolloids, 22: 807–818.

11. Daoyun, S., S. Xingfu, and J.Tiqian. 2000. Study of rheological characterization of fenugreek gum with modified Maxwell model. Chinese J.of Chem.Eng. 8(1): 85-88.

12. Dolnik, V., W.A. Gurske, and A. Padua. 2001. Galactomannans as a sieving matrix in capillary electrophoresis. Electrophoresis.22: 707- 719.

13. Jacob, M.B. 1951.The Chemical Analysis of Food and Products .Second edition,D.Van Nostrand Company,Inc.New York, Toronto and London,pp.476-508.

14. Garti, N.,and A.Aserin. 1998. Galactomannan products and compositions containing the same. United States Patent, Patent Number: 5847109.

15. Jiang, J. X., L. W. Zhua, W. M. Zhangb,and R. C. Sun. 2007. Characterization of Galactomannan Gum from Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) Seeds and Its rheological properties. International Journal of Polymeric Materials, 56: 1145–1154.

16. Kim, S. F. 2004. Physicochemical and functional properties of crawfish chitosan as affected by different processing protocols. Master of Science Thesis**.** Agriculture and Mechanical College, Lonisiana State University.

17. Kumar, K.,and B.P.Maliakel. 2008. Fenugreek dietary fiber anovel class of functional food ingredient.Agro.Food Industry, 19(2): 18-21.
18. Kumar, R., S.Patil, M.B.Patil, S.R.Patil, and M.S.Paschapur .2009. Isolation and evaluation of disintegrate properties of fenugreek seed mucilage. International Journal of Pharm.Tech.Research,1 (4):982-996.
19. Mather, V., and N.K.Mather. 2005. Fenugreek and other lesser known loupe galactomannan polysaccharides scope for developments .J .of Scientific and Industrial Research,96:475- 481.
20. Mccleary, B. V., N. K. Matheson, and D. M.Small. 1976. Galactomannans and a galactoglucomnnan in legume seed endosperms: structural requirements for ß-mannanase hydrolysis. Photochemistry,15: 1111-1117
21. No, H. K., K. S. Lee, and S. P. Meyers. 2000. Correlation between physicochemical characteristics and binding capacities of chitosan products. J. Food Sci:65( 7).
22. Sabahelkheir, M. K., and A. H. Abdalla.2009.Compositional Characterization of Endosperm (Guar Gum) of Six Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) Genotypes Grown in Sudan.http://www.articlesbase.com/soups-articles/compositional-characterization-of-endosperm -guar-gum-of-six-guar-cyamopsis -tetragonoloba-genotypes-grown -in-sudan-1434734. html#ixzz 1AYJ1yWk5.

23. Sabala, V., V.Patel, A.Paranjape, and P.Saloale.2009.Isolation of fenugreek seed mucilage and its comparative evaluation as a binding agent with standard binder. International .Journal of Pharmaceutical Research, 1 (4): 56-62.
24. Sciarinia, L.S., F. Maldonadob, P.D. Ribottaa, B. G.T. Pe´reza,and A.E. Leo´ na,B. 2009. Chemical composition and functional properties of *Gleditsia triacanthos* gum. Food Hydrocolloids, 23: 306–313.
25. Sittikijyothin, W., D. Torres, and M.P. Goncalves. 2005. Modelling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions. Carbohydrate Polymers, 59: 339-350.
26. Srichamroen, A., C. J. Field, A. B.R. Thomson, and T. K. Basu˙ 2008. The Modifying Effects of Galactomannan from Canadian-Grown Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum L.*) on the Glycemic and Lipidemic Status in Rats. J. Clin. Biochem Nutr. 43(3): 167–174.
27. Srinivasana, R. and A. Mishra. 2008. Okra (*Hiblscus esculentus)* and fenugreek (*Trigonella foenum graceum)* mucilage: Characterization and application as flocculants for textile effluent treatments. Chinese Journal of Polymer Science, 26(6): 679−687.
28. Tipvarakarnkoon, T., and B.Senge .2008.Rheological behaviour of gum solutions and their interactions ofter mixing. Annual Transactions of the Nordic Rheology Society. 16:1-8.

29. Yossef, M.K., Q.Wang; S.W.Cvi ,and S.Barbut.2009.Purification partial physicochemical characteristic of protein free fenugreek gums. Food Hydrocolloids, 23: 2049-2053.